МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
проф. Таюрский Д.А.
"___"_____20___ г.

Программа дисциплины

Коллективные возбуждения в твердых телах Б1.Б.1.2

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика
Профиль подготовки: Теоретическая и математическая физика
Квалификация выпускника: магистр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2018
Автор(ы): Деминов Р.Г. , Кочелаев Б.И.
Рецензент(ы): Прошин Ю.Н.

СОГЛАСОВАНО:
Заведующий(ая) кафедрой: Прошин Ю. Н.
Протокол заседания кафедры No ___ от "____" _____ 20__г.
Учебно-методическая комиссия Института физики:
Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 20__г.

Казань
2018

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

4.2. Содержание дисциплины

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1. Основная литература

7.2. Дополнительная литература

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Деминов Р.Г. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Raphael.Deminov@kpfu.ru ; профессор, д.н. (профессор) Кочелаев Б.И. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), Boris.Kochelaev@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-5	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки
ОК-1	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу
ПК-6	способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями
ПК-1	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта
ОПК-6	способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

способы квантового описания систем многих частиц;

современные проблемы и новейшие достижения физики;

Должен уметь:

применять концепцию элементарных возбуждений для описания основных характеристик явлений сверхтекучести, сверхпроводимости и магнетизма;

самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

Должен владеть:

навыками приближенного решения задачи об энергетическом спектре элементарных возбуждений;

методически грамотным построением планов лекционных и практических занятий по разделам учебной дисциплины

Должен демонстрировать способность и готовность:

к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;

использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки;

использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе;

самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта;

методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебной дисциплины

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.Б.03.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Теоретическая и математическая физика)" и относится к базовой (общепрофессиональной) части.
Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 24 часа(ов), в том числе лекции - 12 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 48 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет во 2 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Раздел дисциплины/ модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Вторичное квантование	2	2	2	0	6
2.	Тема 2. Сверхтекучесть жидкого гелия	2	2	2	0	12
3.	Тема 3. Магнетизм диэлектриков	2	4	4	0	12
4.	Тема 4. Сверхпроводимость металлов	2	4	4	0	18
	Итого		12	12	0	48

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Вторичное квантование

Тождественность частиц. Вектор состояния в обычном представлении. Операторы рождения и уничтожения частиц. Бозоны и фермионы. Одночастичные и двухчастичные векторы состояния. Одночастичные и двухчастичные операторы в представлении вторичного квантования

Тема 2. Сверхтекучесть жидкого гелия

Понятие элементарного возбуждения в квантовой жидкости. Критерий сверхтекучести Ландау. Эффективный гамильтониан Боголюбова для бозонов с взаимодействиями отталкивания. Спектр элементарных возбуждений. Явление сверхтекучести.

Тема 3. Магнетизм диэлектриков

Обменные взаимодействия атомов и спиновые корреляции в парамагнитной фазе. Спиновые волны в ферромагнетике и антиферромагнетике. Спектры элементарных возбуждений. Зависимость намагниченности от температуры.

Тема 4. Сверхпроводимость металлов

Элементарные возбуждения в нормальном металле. Взаимодействие электронов через поле фононов. Пара Купера. Эффективный Гамильтониан Бардина-Купера-Шриффера. Элементарные возбуждения, метод Боголюбова. Энергетический спектр элементарных возбуждений и сверхпроводимость.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года N301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации N14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Положение от 24 декабря 2015 г. № 0.1.1.67-06/265/15 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Положение N 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Положение N 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Регламент N 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Регламент N 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Регламент N 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет""

Аминов Л.К., Малкин Б.З. Динамика и кинетика электронных и спиновых возбуждений в парамагнитных кристаллах - http://kpfu.ru/portal/docs/F1917339624/DynamicsSpinParamagnets_Aminov_Malkin.pdf

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 2			
	Текущий контроль		
1	Контрольная работа	ПК-1 , ОПК-6 , ОК-1	1. Вторичное квантование
2	Контрольная работа	ПК-1 , ОПК-6 , ОК-1	2. Сверхтекучесть жидкого гелия 4. Сверхпроводимость металлов
3	Устный опрос	ПК-1 , ОК-1 , ОПК-6	1. Вторичное квантование
4	Письменное домашнее задание	ПК-1 , ОПК-6 , ОК-1	1. Вторичное квантование
5	Письменное домашнее задание	ПК-1 , ОПК-6 , ОК-1	2. Сверхтекучесть жидкого гелия
6	Письменное домашнее задание	ПК-1 , ОПК-6 , ОК-1	3. Магнетизм диэлектриков
	Зачет	ОК-1, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1, ПК-6	

6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	**Хорошо**	**Удовл.**	**Неуд.**	
Семестр 2					
Текущий контроль					
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	1 2
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	3
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	4 5 6
	Зачтено		**Не зачтено**		
Зачет	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 2

Текущий контроль

1. Контрольная работа

Тема 1

1. Чему равен вектор состояния для бозонов bk|0>?
2. Чему равен вектор состояния для фермионов ck|0>?
3. Найти нормировку вектора состояния бозонов (b+)n |0>.
4. Найти нормировку вектора состояния фермионов (c+)n |0>.
5. Найти коммутатор для фермионов [ck, cm+cm].
6. Найти коммутатор для фермионов [ck+, cm+cm].
7. Найти коммутаторы для бозонов [bk, bm+bm].
8. Найти коммутаторы для бозонов [bk+, bm+bm].
9. Найти коммутатор для фермионов [ck+cl , cm+cn].
10. Получить коммутационные соотношения для полевых операторов, используя коммутационные соотношения для операторов рождения и уничтожения частицы в данном состоянии.

2. Контрольная работа

Темы 2, 4

1. Найти коэффициенты канонического преобразования k=ukbk+vkb-k+ для бозонов.
2. Найти коэффициенты канонического преобразования k=ukck+vkc-k+ для фермионов.
3. Свести гамильтониан взаимодействующих бозонов к квадратичной форме на основе идеи Боголюбова.
4. Диагонализовать квадратичную форму бозонных операторов.
5. Получить критерий сверхтекучести Ландау.
6. Выполнив преобразование Боголюбова, получить спектр элементарных возбуждений.
7. Получить выражение для энергии связи пары электронов (пары Купера) по отношению к уровню Ферми.
8. Получить спектр элементарных возбуждений в сверхпроводнике методом Боголюбова.
9. Получить условие самосогласованности.
10. Получить выражения для для щели при T=0 и критической температуры Tc.

3. Устный опрос

Тема 1

1.Тождественность частиц: к чему приводит учет полной тождественности и неразличимости частиц одного сорта.
2. Вектор состояния в обычном представлении.
3. Вектор вакуумного состояния.
4. Оператор рождения частицы.
5. Вектор двухчастичного состояния
6. Оператор уничтожения частицы.
7. Бозоны и фермионы.
8. Коммутационные соотношения для бозонных операторов.
9. Коммутационные соотношения для фермионных операторов.
10. Матричные элементы операторов рождения и уничтожения частиц.

4. Письменное домашнее задание

Тема 1

1. Оператор числа частиц.
2. Полевые операторы и коммутационные соотношения для них.
3. Выражения для операторов рождения и уничтожения частиц в данном состоянии через полевые операторы.
4. Оператор плотности числа частиц.
5. Фурье-компонента оператора плотности числа частиц.
6. Переход от координатного представления произвольного линейного оператора к "f-представлению".
7. Одночастичный линейный оператор в представлении вторичного квантования.
8. Выражение для одночастичного линейного оператора через полевые операторы.
9. Вторично квантованный оператор кинетической энергии в импульсном и координатном представлениях.
10. Двухчастичный линейный оператор в представлении вторичного квантования.

5. Письменное домашнее задание

Тема 2

1. Квантовая жидкость.
2. Спектр бозевского типа.
3. Спектр элементарных возбуждений в He4.
4. Феноменологическая теория Ландау сверхтекучести.
5. Гамильтониан неидеального бозе-газа.
6. Гамильтониан неидеального бозе-газа в приближении Боголюбова.
7. Каноническое преобразование Боголюбова.
8. Элементарные возбуждения в слабо взаимодействующей конденсированной бозе-системе.
9. Число частиц в конденсате.
10. Реальный гелий.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

6. Письменное домашнее задание

Тема 3

1. Модель Гейзенберга.
2. Спонтанное нарушение симметрии.
3. Преобразование Холстейна-Примакова для ферромагнетика.
4. Элементарные возбуждения в ферромагнетике.
5. Спектр элементарных возбуждений для кубической решетки.
6. Магнонная теплоемкость ферромагнетика.
7. Преобразование Холстейна-Примакова для антиферромагнетика.
8. Преобразование Боголюбова для антиферромагнетика.
9. Спектр элементарных возбуждений в антиферромагнетике
10. Намагниченность подрешетки антиферромагнетика при абсолютном нуле.

Зачет

Вопросы к зачету:

1. Тождественность частиц. Двухчастичная волновая функция в представлении Шредингера.
2. Одночастичный вектор состояния в представлении вторичного квантования.
3. Двухчастичный вектор состояния бозонов.
4. Двухчастичный вектор состояния фермионов.
5. Одночастичный оператор в представлении вторичного квантования
6. Двухчастичный оператор в представлении вторичного квантования
7. Эффективный гамильтониан Боголюбова для бозонов с короткодействующими взаимодействиями отталкивания.
8. Найти спектр элементарных возбуждений взаимодействующих бозонов методом Боголюбова.
9. Теория сверхтекучести Ландау.
10. Пара Купера.
11. Приближенный гамильтониан БКШ. Обоснование приближения.
12. Спектр элементарных возбуждений сверхпроводника.
13. Уравнение для энергетической щели и критической температуры сверхпроводника.
14. Найти энергетическую щель в спектре сверхпроводника.
15. Скорость ядерной спиновой релаксации в нормальном металле.
16. Скорость ядерной спиновой релаксации в сверхпроводнике.
17. Эффективный гамильтониан ферромагнетика на основе представления Холстейна-Примакова.
18. Энергетический спектр спиновых волн ферромагнетика.
19. Температурная зависимость намагниченности ферромагнетика
20. Эффективный гамильтониан антиферромагнетика на основе представления Холстейна-Примакова.
21. Энергетический спектр спиновых волн антиферромагнетика.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 2			
Текущий контроль			
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	1 2	12 12

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	3	5
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	4 5 6	7 7 7
Зачет	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

1. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния. [Электронный ресурс] / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - Электрон. дан. - М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. - 296 с. - URL: http://e.lanbook.com/book/70766

2. Ансельм, А. И. Введение в теорию полупроводников. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / А. И. Ансельм. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2016. - 624 с. - URL: https://e.lanbook.com/reader/book/71742/

3. Прудников, В.В. Квантово-статистическая теория твердых тел. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / В.В. Прудников, П.В. Прудников, М.В. Мамонова. - Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2016. - 448 с. - URL: https://e.lanbook.com/reader/book/72587/

7.2. Дополнительная литература:

1. Абрикосов, А. А. Основы теории металлов. [Электронный ресурс] / А. А. Абрикосов. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2010. - 600 с. - URL: https://e.lanbook.com/reader/book/2093/

2. Брандт, Н. Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. [Электронный ресурс] / Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский. - Электрон. дан. - М. : Физматлит, 2010. - 632 с. - URL: https://e.lanbook.com/reader/book/59598/

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Библиотека - E-library - Кафедра теоретической физики МФТИ - https://mipt.ru/education/chair/theoretical_physics/biblio/

методические материалы кафедры теоретической физики - http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teoreticheskoj-fiziki/metodicheskie-materialy

Физика твердого тела - скачать и читать онлайн электронные учебники бесплатно для вузов - http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.74.6.8&p_nr=50

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Разбор и усвоение лекционного материала. После каждой лекции студенту следует внимательно прочитать и разобрать конспект, при этом: - Понять и запомнить все новые определения. - Понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект. - Выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются).
практические занятия	Подготовка к практическому занятию. В работе студентов можно выделить три составляющие: 1) разбор решений задач аудиторных занятий, 2) самостоятельное решение домашних задач, 3) разбор лекционного материала предстоящего практического занятия. Таким образом, придя домой после каждого аудиторного занятия, студент должен сначала решить самостоятельно (не глядя в рабочую тетрадь) те задачи, которые решил преподаватель во время занятия. При возникновении трудностей во время решения какой-нибудь задачи следует разобрать решение этой задачи в тетради. Затем следует решить задачу самостоятельно без тетради. Сколько бы раз не приходилось возвращаться к тетради, настоятельно рекомендуется всё же научиться воспроизводить решение самостоятельно. Затем следует приступить к решению задач из домашнего задания. При возникновении трудностей рекомендуется попросить помощи у своих одногруппников или сокурсников. Приветствуется совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы и/или прикрепив свой отсканированный или сфотографированный вариант решения для проверки. Пропустив какое-либо занятие, студенту следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетради какого-нибудь одногруппника; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов Тема 1. Вторичное квантование Обратить внимание на запись векторов состояния в обычном представлении. Учет квантовой статистики частиц (фермионы и бозоны), введение операторов рождения и уничтожения частиц в данном состоянии. Ввод полевых операторов рождения и уничтожения частиц в данной точке и в данном состоянии. Освоить запись одночастичных и двухчастичных операторов в представлении вторичного квантования. Тема 2. Сверхтекучесть жидкого гелия При рассмотрении теории Ландау сверхтекучести жидкого гелия важно обратить внимание на предложенный Ландау энергетический спектр элементарных возбуждений (фононы и ротоны), существенным моментом которого является наличие энергетической щели в ротонной части спектра. В микроскопической теории сверхтекучести Боголюбова продемонстрирована возможность сверхтекучести в модели слабо неидеального газа Бозе-Эйнштейна (с взаимодействиями отталкивания) с вырожденным конденсатом. Тема 3. Магнетизм диэлектриков Обменное взаимодействие проявляется вследствие кулоновского отталкивания электронов и принципа Паули. Параметром, характеризующим спиновые корреляции, является длина когерентности. Подчеркнем, что в парамагнитной фазе при приближении температуры к температуре Кюри длина когерентности растет, а при совпадении температур она захватывает весь кристалл, что говорит об установлении дальнего порядка. Слабо возбужденное состояние ферромагнетика (антиферромагнетика) можно рассматривать на основе эффективного гамильтониана (представление Холстейна-Примакова) и получить энергетический спектр спиновых волн (магнонов) в ферромагнетике (антиферромагнетике). Тема 4. Сверхпроводимость металлов Для объяснения сверхпроводимости важным является рассмотрение спин-фононного взаимодействия и взаимодействия электронов через поле фононов. Общая картина сверхпроводящего состояния, нестабильность нормального состояния. Гамильтониан спаривания (БКШ). Сверхпроводящее спаривание. Пара Купера. Энергетическая щель. Нестабильность нормального состояния. Теория БКШ рассматривает гамильтониан, учитывающий исключительно притяжение между электронами с равными по величине и противоположно направленными импульсами и антипараллельными спинами, характеризуемое одной положительной константой связи g. Гамильтониан электронов в модели БКШ записывается с помощью операторов вторичного квантования. Задача об определении основного состояния системы с таким модельным гамильтонианом, как показал Н. Н. Боголюбов, решается точно. Имеется несколько методов решения уравнений теории БКШ, среди которых эффективным является преобразование Боголюбова.
контрольная работа	Методические рекомендации по подготовке к контрольным работам. Контрольная работа по теме 1. Вторичное квантование. При решении задач по теме 'Вторичное квантование' следует уделить внимание различию коммутационных соотношений для бозонов и фермионов и действию операторов рождения (уничтожения) на вектор основного состояния. Контрольная работа по темам 2,4. Сверхтекучесть жидкого гелия. Сверхпроводимость металлов Предлагаемые на этой контрольной работе задачи связаны с приведением (на основе идей Боголюбова) гамильтонианов взаимодействующих бозонов и фермионов к квадратичной форме с последующей их диагонализацией, что позволяет найти энергетический спектр.
устный опрос	Методические рекомендации по подготовке к устному опросу по теме 1 'Вторичное квантование'. При подготовке к устному опросу следует обратить внимание на основные понятия, такие как полная тождественность и неразличимость частиц одного сорта, вектор состояния, операторы рождения и уничтожения частиц в данном состоянии, коммутационные соотношения для бозонов и антикоммутационные соотношения для фермионов.

Вид работ	Методические рекомендации
письменное домашнее задание	Методические рекомендации по подготовке к письменным домашним заданиям. Тема 1. Вторичное квантование. Важно представлять различие понятий оператор числа частиц и оператор плотности числа частиц. С прикладной точки зрения необходимо знание фурье-компоненты оператора числа частиц через операторы рождения и уничтожения частиц. Надо внимательно разобраться как получаются одночастичный и двухчастичный линейные операторы в представлении вторичного квантования. Хороший пример одночастичного линейного оператора - оператор кинетической энергии в импульсном (через операторы рождения и уничтожения частиц) и координатном (через полевые операторы) представлениях. Тема 2. Сверхтекучесть жидкого гелия. Жидкий гелий - квантовая жидкость со спектром бозевского типа , когда элементарные возбуждения появляются поодиночке. Для объяснения явления сверхтекучести Ландау был предложена зависимость энергии возбуждения от импульса, содержащая фононную и ротонную части. Гамильтониан неидеального бозе-газа в приближении Боголюбова сводится к квадратичной форме бозонных операторов, которая путем канонического преобразования Боголюбова приводится к диагональному виду, что позволяет получить энергетический спектр. Нужно обратить внимание на то, что ротонная часть спектра получается при учете того, что взаимодействие на самом деле является сильным. Тема 3. Магнетизм диэлектриков. В модели Гейзенберга проекция намагниченности равна нулю, но происходит спонтанное нарушение симметрии (идея Боголюбова о квазисредних). Обратить внимание на то, что при низких температурах (в сравнении с величиной обменной энергии) спиновые операторы можно с помощью преобразования Холстейна-Примакова заменить на бозонные операторы. В случае антиферромагнетика рассмотрение усложняется, с использованием преобразования Боголюбова квадратичная форма бозонных операторов приводится к диагональному виду, тем самым определяется спектр элементарных возбуждений.
зачет	Методические рекомендации по подготовке к зачету. Подготовка к зачету состоит в изучении лекций (см. методические указания по самостоятельной работе), при необходимости в изучении вопросов по предложенным литературным источникам, анализу устного опроса, контрольных работ и письменных домашних заданий. Важно подчеркнуть, что многие вопросы были рассмотрены на основе канонического преобразования Боголюбова, позволяющего диагонализовать квадратичные формы бозевских и фермиевских операторов.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Коллективные возбуждения в твердых телах" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе " БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС " БиблиоРоссика " представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Коллективные возбуждения в твердых телах" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB,audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудованием имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;

- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;

- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;

- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;

- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;

- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе Теоретическая и математическая физика .